



TEKONURMEN RAKENNE JA TERVEYSRISKIT

Kawa Golbadan

Opinnäytetyö
Toukokuu 2017
Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikka
Kemiantekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikan koulutusohjelma
Kemiantekniikan suuntautumisvaihtoehto

GOLBADAN, KAWA:
Tekonurmen rakenne ja terveysriskit

Opinnäytetyö 36 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Toukokuu 2017

Opinnäytetyössä tarkasteltiin tekonurmen rakennetta ja terveysriskejä. Lisäksi perehdyttiin lyhyesti sen etuihin, haittoihin ja historiaan. Tavoitteena oli selvittää tekonurmen terveysvaikutuksia pelaajille tutkimalla kumirouhetta ja kyselemällä pelaajilta heidän hyvinvoinnistaan.

Tekonurmissa käytetään joustomattoa, hiekkaa, nukkalankaa ja lisäksi täyttömateriaalina kumirouhetta. Kumirouhevaihtoehtoja on monta, mutta yleisin käytetty rouhemateriaali on SBR-kumirouhe, jota on myös Suomessa lähes kaikissa tekonurmikentissä.

SBR-kumirouheen aiheuttamat PAH-yhdisteiden ja VOC-yhdisteiden päästöt ovat herättäneet kysymyksiä Euroopassa ja Yhdysvalloissa. PAH-yhdisteet ovat terveyden kannalta vaarallisia aineita. Sen vuoksi SBR-kumirouheen käyttö suositellaan lopetettavaksi, vaikka sen aiheuttamat päästöt ovat standardin mukaisia. Sen lisäksi SBR-kumirouhetta käyttävissä halleissa on myös mitattu VOC-päästöjä, jotka taas vaikuttavat sisähallien ilmanlaatuun ja aiheuttavat erilaisia ärsytysoireita pelaajille.

SBR-kumirouheen korvaaminen toisella materiaalilla on suositeltavaa ja kaikissa kiinteärakenteisissa sisähalleissa tarvitaan tehokkaat ilmanvaihtojärjestelmät.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in Paper, Textile and Chemical Engineering
Option of Chemical Engineering

GOLBADAN KAWA
The Structure of Artificial Grass and Health Risks

Bachelor's thesis 36 pages, appendices 2 page
May 2017

This thesis explains shortly about artificial grass, its advantages and disadvantages and its history. The goal was to find out the health effects of artificial grass on players by inspecting crushed rubber.

The materials used in artificial grass are shock pad, sand, pile yarn and in addition crushed rubber for the infill material. There are many of crushed rubber options, but the most generally used material is SBR-rubber.

SBR-rubber has caused PAH compound and VOC compound emissions, which have raised questions in Europe and United States. PAH compounds contain materials, that are harmful to health and because of that it is recommended that the use of SBR-rubber is discontinued, although its emissions are in accordance with the standard. Also in football halls VOC compounds have been noticed. They come from SBR rubbers and affect the air quality of the hall and cause a variety of irritative symptoms in players.

Replacement of SBR-rubber with another material is recommendable and in every football hall an effective ventilation system is needed.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TEKONURMI.....	7
	2.1. Historia.....	8
	2.2. Saltex Oy.....	9
	2.3. Tekonurmen edut.....	10
	2.4. Tekonurmen haitat.....	10
3	TEKONURMEN RAKENNE.....	12
	3.1. Täyttöaineet - Kumirouhe	13
	3.1.1 SBR-kumi.....	13
	3.1.2 EPDM-kumi	15
	3.1.3 TPE-O-kumi.....	16
	3.2. Nukkalanka	18
	3.2.1 Monofilamenttinukka.....	18
	3.2.2 Fibrilloitu nukkalanka.....	19
	3.3. Joustomatto.....	20
4	TEKONURMEN TERVEYSRISKIT	22
	4.1. Kumirouheen aiheuttamat riskit	22
	4.1.1 PAH-yhdisteet	26
	4.1.2 VOC-yhdisteet	27
	4.1.3 Ilmanlaatu sisätiloissa.....	27
	4.1.4 Oma tutkimuskysely.....	29
5	POHDINTA.....	31
	5.1. Suositukset.....	32
	LÄHTEET	33
	LIITTEET	35
	Liite 1. Kysymyspohja.....	35
	Liite 2. Kyselyn tulokset	36

LYHENTEET JA TERMIT

VOC	volatile organic compound
PAH	polysykliset aromaattiset hiilivedyt
TVOC	haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus
SBR	styreenibutadieenikumi
EPDM	eteeni-propeenikumi
TPE	termoplastinen elastomeeri

1 JOHDANTO

Tässä työssä kerrotaan lyhyesti tekonurmen rakenteesta ja erityisesti kumi-rouheista, joita on käytetty täyttöaineena. Täyttöaineista tässä keskitytään SBR-kumirouheeseen, joka on Suomessa yleisin käytetty täyttöainemateriaali. Toisaalta se on myös herättänyt kysymyksiä ympäri maailma sen aiheuttamista PAH-päästöistä ja VOC-päästöistä. Nämä orgaaniset hiilivetykaasut ovat aiheuttaneet joillekin pelaajille erilaisia ärsytysoireita, kuten silmien ja ihon ärsytysoireita. Koska PAH-yhdisteet taas sisältävät syöpävaarallisia aineita, ovat tutkijat alkaneet tutkia SBR-rouheen vaikutusta terveyteen. Vaikka tuloksissa näkyy, että päästöt ovat standardin mukaiset, ei silti käyttöä suositella, etenkin lapsille. Syy, miksi SBR-rouhetta käytetään muiden rouheiden sijaan, on sen hintaluokka. SBR-kumirouhe on edullisin vaihtoehto. Lisäksi se säilyttää hyvin jousto-ominaisuutensa eri lämpötiloissa.

Syynä siihen, miksi tekonurmea käytetään luonnonnurmen sijaan, on sen käyttöaika ja käyttöikä. Tekonurmikentillä on mahdollisuus pelata ympäri vuoden. Niiden käyttöikä on myös paljon pidempi kuin luonnonnurmien. Eli myös käyttökustannuksiltaan on tekonurmi luonnonnurmea edullisempi.

Suomessa on käytössä yli 320 tekonurmikenttää ja vuosittain niitä tulee lisää. Rekisteröityjä jalkapallon pelaajia on taas 115 000 ja lisäksi noin 500 000 lajin harrastajaa. Suuren harrastajamäärän vuoksi Suomelle on myös tärkeä tietää tutkimusten tuloksista ja SBR-rouheen terveyshaitoista. Suomessa ei ollaan vielä kuitenkaan päätetty, pitääkö SBR-rouheen käyttö kokonaan kieltää tai vähentää sen käyttöä uusilla kentillä.

SBR-rouhetta valmistaa Genon-niminen yritys, joka on Tanskassa. Rouheet on tehty auton renkaista ja yhteen kenttään menee lähes 15 000 autorengasta.

2 TEKONURMI

Tekonurmi on pelialusta, joka on Suomen olosuhteille parempi vaihtoehto kuin luonnonnurmi. Tekonurmi antaa kaikille mahdollisuuden harjoitella ja pelata ympäri vuoden ja antaa myös hienon vihermaiseman koko vuoden. Tekonurmia käytetään sekä urheilukentillä että lasten leikkipuistoissa ja pihoissa.

Tekonurmi koostu pohjarakenteesta ja tekonurmen valmistuksessa käytetyistä tuotteista kuten nukkalangasta ja erilaisista täyttöaineista. Joissain tapauksessa tarvittaessa käytetään ns. joustomattoa, joka on nurmen alapuolella oleva joustokerros. (Saltex Oy)

Saltex Oy on yksi maailman harvoista tekonurmia valmistavista yrityksistä, joka valmistaa tekonurmia korkealla ammattitaidolla. Se on suomalainen yritys, jonka pääkonttori sijaitsee Alajärvellä. Saltex Oy:llä löytyy tytäryhtiöitä myös Ruotsissa, Norjassa, Puolassa ja Venäjällä. (Saltex Oy)



KUVA 1. Tekonurmi (Saltex Oy)

2.1. Historia

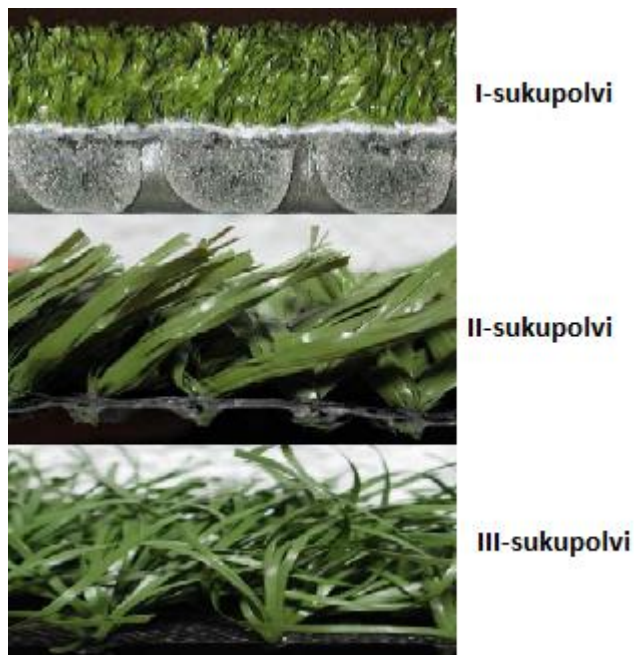
Kun puhutaan tekonurmen historiasta, puhutaan yleensä eri sukupolvien tekonurmista. Tällöin tarkoitetaan I-, II- ja III-sukupolven tekonurmia.

I-sukupolven tekonurmi oli ns. hiekkatekonurmi. Ensimmäiset hiekkatekonurmi-päällysteet asennettiin Suomessa vuonna 1988 jalkapallokäyttöön. Silloin puhuttiin rajattomasti käyttöä kestävästä kentästä. Rajattomasti käyttöä kestävät kentät jouduttiin sulkemaan, kun pikkuhiljaa kentät kovettuivat hiekan määrän vuoksi ja muuttuivat käyttökelvottomiksi. Näiden lisäksi sisätiloissa hiekan pöly aiheutti epä-mukavuuksia pelaajille ja todettiin myös, että se on haitallista. Kenttien kastelu ei myöskään auttanut, koska se aiheutti kosteus- ja homeongelmia, jotka olivat pelaajille vielä haitallisempia. (Tekonurmiopas 2011, 5)

II-sukupolven tekonurmet tulivan käyttöön Suomessa 1990-luvun alkupuolella. Pölyongelmat saatiin ratkaistuksi korvaamalla hiekkaa kumirouheella. Vihreätä kumirouhetta alettiin käyttää täyttöaineena ja samalla jousto-ongelmat ratkesivat joustokerroksen asentamisella maton alle. Materiaaleina käytettiin erilaisia vaihtoehtoja, kuten esimerkiksi polyeteenijoustoa tai valettua joustoa. Nukan materiaalit taas olivat polyeteeniä ja polypropyleenia. Nukkamalli taas oli joko suora tai kiharrettu.

Näiden materiaaleiden käyttöönotto poisti myös kitkaongelman, joka oli pelaajien kengän ja alustan välissä, mutta aiheutti taas ongelmia pallon käyttäytymiselle. (Tekonurmiopas 2011, 5)

Uudet tekonurmet, esimerkiksi jalkapallokentillä olevat tekonurmet, ovat III-sukupolven tekonurmia ja niillä on hyvän luonnonnurmikentän ominaisuuksia. III-sukupolven tekonurmilla on paremmat nukkalangat, enemmän täyttöainevaihtoehtoja ja hyviä ominaisuuksia, kuten veden läpäisy, lämmitettävä joustokerros, tasalaatuisuus ym. (Tekonurmiopas 2011, 5)



KUVA 2. I-sukupolven (1964), II-sukupolven (1978) ja III-sukupolven (1998) tekonurmet. (Tekonurmiopas 2011)

2.2. Saltex Oy

Tekonurmea valmistavia yrityksiä on maailmalla useita kymmeniä ja yksi niistä on suomalainen Saltex Oy. Saltex Oy on kansainvälinen tai paremminkin nopeasti kansainvälistyvä perheyritys, joka on perustettu vuonna 1991. Saltex on yksi maailman tekonurmia valmistavista yrityksistä, joka on onnistunut myös hakemaan FIFA:lta myönnetyn lisenssin tuotteilleen. Saltex on yritys, jolla on pitkä kokemus tekstiiliteollisuudessa ja se valmistaa korkealaatuisia tekonurmia, jotka ovat sekä urheilukäyttöön että viheraluekäyttöön. Saltex valmistaa tekonurmien lisäksi myös urheilukenttien pinnoitteita, erityisesti yleisurheilukenttien pinnoitteita, leikkikenttien turva-alustoja ja sisustusmattoja. (Saltex Oy)

Parhaan laadun takaaminen, korkea ammattitaito, jatkuva laaduntarkkailu ja aktiiviset tutkimus- ja kehitystyöt ovat tehneet Saltex:sta yhden maailman parhaimmista tekonurmen valmistajista. Saltex:n päämarkkina-alueet ovat Pohjoismaat, Itä-Eurooppa, Keski-Eurooppa ja Venäjä. Yrityksen viennin osuus liikevaihdosta on yli 70% ja sen liikevaihto oli 2015 yli 16 miljoona. (Saltex Oy)

2.3. Tekonurmen edut

Tekonurmen yksi parhaimmista eduista on se, että se on käytössä ympäri vuoden. Nurmi on vettä läpäisevä, joka takaa sen, että sitä voi käyttää kaikissa sääolosuhteissa. Tekonurmilla on myös yleensä pitkät käyttöiät ja hyvät kulutuksenkestävyydet, jos sitä verrataan luonnonnurmeen. Luonnonnurmeen verrattuna tekonurmilla on vähäiset hoitotarpeet ja pienemmät käyttökustannukset. (Saltex Oy)

Tekonurmen pinta on yleensä säännöllinen ja se on pehmeä ja tasainen. Vakio-olosuhteiden vuoksi loukkaantumiset ja rasitusvammat vähentyvät, mutta kemiallisten aineiden vuoksi palovammat taas lisääntyvät. Joidenkin mielestä tekonurmella on hyvät pallon ponnahdusominaisuudet, mutta taas toiset ovat eri mieltä ja suosittelevat luonnonnurmea. (Saltex Oy)

Tekonurmet ovat myös monikäyttöisiä, eli niitä voi käyttää erilaisissa paikoissa kuten leikkipuistoissa, liikuntapaikoilla ja jopa talojen pihoissa.

Syyt tekonurmen hankkimiselle ovat yleensä helppohoitoisuus, hinta ja kulutuksenkestävyys. (Saltex Oy)

2.4. Tekonurmen haitat

Tekonurmella on myös monia haittapuolia. Yksi yleisimmistä haittapuolista on palovammat. Palovammoja sattuu aika usein johtuen materiaalista, jota on käytetty tekonurmen valmistuksessa. Haittapuolia löytyy vielä monia muitakin, mutta niitä ei ole vielä tieteellisesti todistettu. Esimerkiksi ihon, silmien ja hengitysteiden ärsytysoireista keskustellaan ja niitä tutkitaan koko ajan, mutta ei ole voitu vielä tieteellisesti todistaa sitä, johtuvatko ne kumirouhetäytteistä vai jostain muusta. Näitä ärsytysoireita aiheuttavia kaasuja ovat ns. VOC-yhdisteet, jotka syntyvät SBR-kumirouheesta.

Helsingin Sanomien mukaan *”Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen THL:n ja Työterveyslaitoksen kesäkuussa 2015 julkaissut tutkimus osoitti, että kumirouhetäytteistä vapautuu pistävältä haisevia, ärsyttäviä orgaanisia hiilivetykaasuja. Ne voivat selittää oireet, joista junioripelaajat kertoivat tutkimukseen liittyneessä kyselyssä.”* (Helsingin Sanomat 2016)

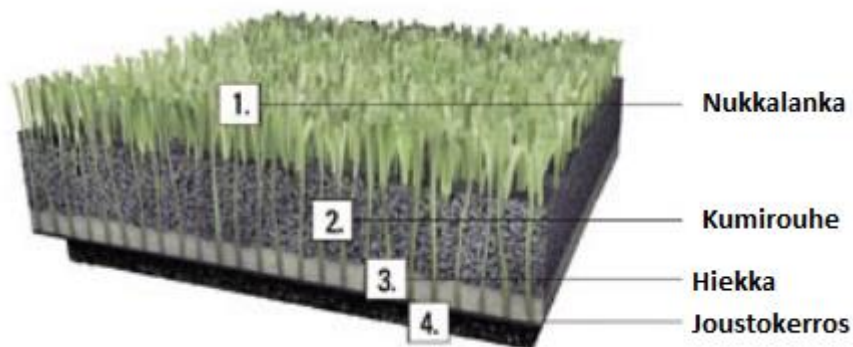
Tekonurmessa käytetystä kumirouheesta vapautuvat kaasut voivat olla myös syöpävaarallisia. Näitä kaasuja kutsutaan PAH-yhdisteiksi. Muutama sairaustapa on saanut tutkijat Yhdysvalloissa aloittamaan tutkimukset siitä, onko tekonurmissa terveyteen liittyviä riskejä ja liittyvätkö ne PAH-yhdisteisiin. Mitään tieteellistä todistetta ei tästä kuitenkaan vielä ole.

3 TEKONURMEN RAKENNE

Tekonurmen rakenne koostuu kolmesta osasta ja ne ovat: Täyttöaineet, nukkalanka ja joustomatto. Tekonurmen valmistuksessa käytetään täyttöaineita, jotka koostuvat hiekasta ja kumirouheesta. Niitä on saatavilla eri laatusina ja eri värisinä. Kentän joustoarvoihin vaikuttavat laadun lisäksi myös raekoko, raekäyrä ja raejakauma. (Saltex Oy)

Täyttöaineiden lisäksi käytetään nukkalankoja, jotka ovat yksi tärkeimmistä komponenteista tekonurmen valmistuksessa. Näiden materiaalina käytetään polyeteleeniä. Nukkalankojen vaihtoehtoja on kolme ja ne ovat: fibrilloidut nukkalangat eli ns. verkkolangat, jotka ovat verkkorakenteisia, monofilamenttilangat eli yksisäikeiset langat ja yhdistetyt lankamateriaalit. (Tekonurmiopas 2011)

Näiden lisäksi on ns. joustokerros, joka on kumista tai muovista tehty joustomatto.



KUVA 3. Tekonurmen rakenne (Saltex Oy)

3.1. Täyttöaineet - Kumirouhe

Yleensä jalkapallokentän täyttöaineena käytetään hiekkaa ja kumirouhetta, jota on saatavilla eri laatuina ja värisinä. Oikeastaan hiekan käyttö on vähentynyt tai jopa loppunut kokonaan siitä lähtien, kun kumirouhetta alettiin käyttää tekonurmissa

Kumirouhetta valmistetaan auton renkaista. Yhteen kenttään menee lähes 15 000 autorengasta. Genan on maailman suurin kumirouheen valmistaja. Suurin osa SBR-kumirouheista tulee Tanskasta. Siellä käsitellään päivittäin noin 200 tonnia renkaita eli noin 25 000 rengaskappaletta, joista 75 % raaka-aineesta tuotetaan kumirouheeksi ja kumijauheeksi. Suurin osa renkaista on lähinnä Tanskasta ja niitä tuodaan sinne myös Saksasta, Alankomaista ja Belgiasta. (Yle, Uhka tekonurmen alla)

Syy, miksi käytetään vain auton renkaita kumirouheen valmistuksessa, on se, että 90-prosenttisesti tiedetään, mitä materiaaleita renkaat sisältävät. Mutta esimerkiksi, jos käytettäisiin pesukoneiden kumieristeitä tai vastaavia kumeja, ne aiheuttaisivat ongelmia, koska niihin on sekoittunut muita aineita, esimerkiksi pesu- ja huuhteluaineita, mikä taas vaikuttaa terveysriskiin.

Yritetään myös välttää kiinalaisia ja EU:n ulkopuolisilta mailta tulevia jätteitä, koska niissä voi olla korkeat PAH-pitoisuudet. (Yle, Uhka tekonurmen alla)

Kumirouhevaihtoehtoja on monia. Esimerkiksi Saletex Oy:lla on neljä kumivaihtoehtoa ja ne ovat: SBR, TPE-O, tasarakeinen TPE-O ja EPDM. Suurin osa tekonurmissa käytetyistä kumirouheista on SBR-kumirouhetta.

3.1.1 SBR-kumi

SBR-kumi, eli styreenibutadieenikumi, on yleisin kumilaji ja se oli ensimmäinen käyttökelpoinen synteettinen kumilaji, joka on kehitetty korvaamaan luonnonkumia. SBR-kumia valmistetaan vesiemulsiossa styreeniä ja butadieenia polymeroimalla. SBR-kumia käytetään yleiseen tarkoitukseen ja varsinkin silloin, kun ei tarvita eikä vaadita tuotteelta erityisominaisuuksia. (Ravelast polymers)

SBR-kumi on käytetyin kumilaatu tekonurmissa ja se on rouhittu auton renkaista. Rouhinnassa pitää seuloa pois renkaiden kudoksia ja epäpuhtauksia ja pitää olla tarkkana raekoon kanssa, koska liian pienet tai suuret raekoot tai väärä raejakauma aiheuttavat epämukavuuksia kentällä, kuten kentän kovettumisen ja se voi jopa heikentää vedenläpäisyä.

Hyviä puolia SBR:llä on se, että hintaluokaltaan se on aika edullinen muihin verrattuna ja sitä on laajasti saatavilla. Laadultaan se on aika hyvä ja sillä on myös hyvät mekaaniset ominaisuudet ja hyvä kulumiskesto muihin saman hintaluokan kumilaatuihin verrattuna. SBR on myös hyvä kestäämään eri lämpötiloja varsinkin pakasta. (Yle, Uhka tekonurmen alla)

SBR-kumien huono puoli taas on otsonin- ja öljynkestävyys.

SBR-kumin käyttökohteet ovat laajat. Sitä käytetään esimerkiksi kumijalkineisiin, letkuihin, kuljetushihnoihin, ajoneuvojen renkaisiin, mattoihin, ja moneen muuhun tarkoitukseen. (Ravelast polymers)



KUVA 4. SBR – Kumirouhe (Saltex Oy)

3.1.2 EPDM-kumi

EPDM-kumi on tunnettu myös nimellä eteeni-propeenikumi. Nimensä mukaisesti se koostuu eteenistä, propeenista ja dieenimonomeereistä. EPDM on tunnettu siitä, että se kestää erinomaisesti säätä ja otsonia ja syynä on se, että hiilivetyketjuista puuttuvat kaksoissidokset. Kumin käyttölämpötila on -50 asteesta +150 asteeseen. Sään ja otsonin lisäksi EPDM-kumi kestää hyvin sekä kuumaa vettä ja höyryä että heikkoja happoja ja emäksiä. Kumi on tunnettu myös siitä, että se kestää ketoneita ja estereitä.

Tekonurmen valmistuksessa käytetään aina EPDM-kumia, kun halutaan käyttää värikkäitä kumirouheita. Hyvä puoli EPDM-kumien käytöstä tekonurmessa on se, että on mahdollisuus lisätä myös palonsuojausta. (Ravelast polymers)

Ominaisuuksiensa vuoksi EPDM-kumia käytetään myös esimerkiksi meriteollisuudessa, pakkausteollisuudessa ja kaivosteollisuudessa. Kumin muita käyttökohteita ovat esimerkiksi tiivisteet, nauhat, kaapelin päällysteet, letkut ym.

EPDM-kumin huono puoli on se, että se ei kestä öljyä ja sillä on huono puristuspaikuma. (Ravelast polymers)



KUVA 5. EPDM-Kumi (Saltex Oy)

3.1.3 TPE-O-kumi

TPE-kumi eli termoplastinen elastomeeri, jota voidaan kutsua myös termoelastisella nimellä. Termoplastiset elastomeerit ovat kumimaisia materiaaleja, jotka ovat pehmeitä, sitkeitä ja hyvin kulutusta kestäviä muoveja, joilla on alhaiset taivutusmoduulit. TPE-kumin kemiallinen rakenne koostuu kovista kestopuovisegmenteistä ja elastisista pehmeistä segmenteistä. (Termoplastiset elastomeerit, 24-25)

TPE-O on yksi TPE-raaka-aineen ryhmistä, jotka ovat olefiinipohjaisia elastomeereja. TPE-O, tai TPO, joka on myös tästä kumista käytetty lyhenne, on termoplastinen elastomeeri, jossa lyhenne "O" tarkoittaa olefinia. Olefiinit ovat käytännössä polypropeenin ja EPDM-kumien sekoituksia. TPE-O-kumit ovat olleet markkinoilla 1970-luvulta lähtien ja esimerkiksi Elasto ja ExxonMobile ovat johtavia valmistajia. (Termoplastiset elastomeerit, 24-25)

TPO-elastomeerit ovat kierrätettäviä materiaaleja ja kierrätettävyyden on lisännyt näiden materiaalien käyttöä voimakkaasti. Toinen hyvä syy TPO-elastomeerin laajalle käytölle on sen hintaluokka. Käyttömääriltään nämä muovit ovat suurimpia ja hinnaltaan edullisimpia raaka-aineita. Kyseisellä kumilla on myös hyvin korkea murtovenymä, korkea puristuspainuma ja hyvä repimislujuus. Materiaalia on myös helppo työstää ja värjätä ja sillä on myös hyvä pinnanlaatu, kemikaalien kesto ja säänkesto-ominaisuudet (noin - 50 celsius asteesta + 120 asteeseen). (Termoplastiset elastomeerit, 24-25)

Eräs TPO-pohjaisten elastomeerien käyttökohteita on autoteollisuus, jolla on suuret markkina-alueet TPO-tuotteille. Esimerkiksi auton puskurit ovat TPO-tuotteita. Muita käyttökohteita ovat rakennusteollisuus, kotitaloustuoteteollisuus, urheiluväline- ja konepajateollisuus. (Termoplastiset elastomeerit, 24-25)

Tekonurmessa käytetään myös termoplastista elastomeeriä. Kumimaisuus, pehmeys ja hyvin kulutusta kestävä materiaali, jota voidaan myös kierrättää, ovat ominaisuuksia, joita tarvitaan tekonurmen valmistuksessa. TPE-O kumirouhetta valmistetaan rouhimalla tai tasarakeisena tarpeiden mukaan. Tällä hetkellä TPE-O-materiaalit ovat tekonurmialalla moderneja ja monikäyttöisiä ja Saltex Oy:n mukaan se

on tällä hetkellä viimeisin kehitystulos. Hyviä puolia TPE-O materiaalilla tekonurmen valmistuksessa on myös se, että sitä voi saada eri värisinä ja eri muotoisina ja siihen on mahdollista lisätä myös palonsuojausta. (Saltex Oy)



KUVA 6. TPE-O-kumi (Saltex Oy)



KUVA 7. Tasarakeinen TPE-O-kumi (Saltex Oy)

3.2. Nukkalanka

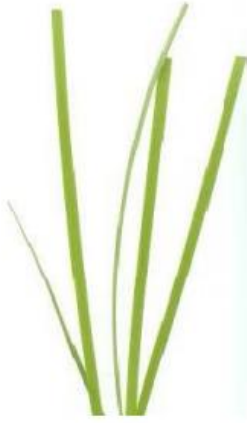
Nukkalangat ovat yksi tärkeimmistä komponenteista tekonurmen valmistuksessa ja sen laadussa. Nukkalankamateriaali vaikuttaa kentän pelattavuuteen, elinkaareen ja tietenkin myös kentän yleisilmeeseen. Luonnonnurmen näköisen muodon saavuttaminen ja langan pystyssä pysyminen ovat olleet tärkeitä tavoitteita nukkalankojen valmistuksessa. (Tekonurmiopas, 2011)

Nukkalangan materiaalina käytettiin ennen nylonia ja polypropyleeneja, mutta nykyään on korvattu polyetyleni-materiaalilla. Nukkalankoja on erilaisia ja eri tyyppisiä. Ne voivat olla verkkorakenteisia eli fibrilloituja nukkalankoja tai yksisäikeisiä lankoja eli monofilamenttilankoja. Näiden lisäksi löytyy myös yhdistettyjä malleja, eli erilaisia lankamateriaaleja yhdistetään. (Tekonurmiopas, 2011)

Nukkalankaa valmistavat vain muutamat yritykset maailmalla ja siitä johtuen suurella osalla tekonurmia valmistavilla yrityksillä on samat nukkalangat, eli alkuvalmistajat ovat samoja. (Tekonurmiopas, 2011)

3.2.1 Monofilamenttinukka

Monofilamenttinukat ovat yksisäikeisiä lankoja, jotka kiertämällä tai tukilangalla yhdistetään toisiinsa. Hyvä puoli monofilamenttinukalla on se, että sitä voidaan valmistaa eri muotoisina ja tämän perusteella parannetaan myös langan ominaisuuksia. Nurmet, joissa on käytetty monofilamenttilankaa, voi tunnistaa esimerkiksi siitä, kun täyttöaineet pomppivat nurmesta pois helpommin kuin nurmesta, johon on käytetty fibrilloitua nukkalankaa. Käytön ja iän myötä täyttöaineet pomppivat vielä nurmesta pois paljon helpommin, koska täyttöaineet eivät tiivisty helposti monofilamenttilangan vuoksi. (Tekonurmiopas, 2011)



KUVA 8. Monofilamenttinukka (Tekonurmiopas 2011)

3.2.2 Fibrilloitu nukkalanka

Fibrilloitu tai ns. verkkorakenteinen nukkalanka valmistetaan niin, että ensin leikataan filmistä nauhoja, jotka sitten fibrilloidaan eli viilutetaan ja lopuksi kierretään langaksi.

Yleensä nurmet, johon on käytetty fibrilloitua nukkalankaa näyttävät enemmän luonnollisen vihreältä, koska käytön myötä langan filamentit aukeavat.

Tämän tyyppisissä nurmissa täyttöaineet taas pysyvät hyvin nurmen sisällä eli pomppivat vähemmän kuin monofilamenttinukkaa käytetyissä nurmissa. (Tekonurmiopas, 2011)



KUVA 9. Fibrilloitu nukkalanka (Tekonurmiopas 2011)

3.3. Joustomatto

Joustokerros tai ns. joustomatto on osa tekonurmen rakennetta. Joustokerros ei ole välttämätön, eli sen asentamisesta kentälle ei ole määräystä, mutta usein asentamista suositellaan. Joustokerroksen avulla pyritään säilyttämään pidempään kentän jousto-ominaisuuksia. Joustokerrosta ei tarvitse myöskään vaihtaa joka asennuksen yhteydessä. Eli tekonurmioppaan mukaan *”Samaa joustokerrosta voidaan hyödyntää usean maton asennuksen yhteydessä.”* Suomessa joustokerrosta on hyödynnetty vain stadiontekonurmilla. (Tekonurmiopas, 2011)

Joustokerroksia on monenlaisia ja niiden ratkaisuihin päätymiseen taas vaikuttavat erilaiset olosuhteet. Esimerkiksi ympäristötekijöitä, vaihtomahdollisuuksia ja lämmitysjärjestelmiä pitää ottaa huomioon joustokerroksen valinnassa.

Saletx Oy tarjoaa erilaisia joustovaihtoehtoja, joista uusin on PROPLAY 23D. Tällä ns. eristävällä salaojajoustolla on kolme ominaisuutta ja ne ovat jousto, salaoja ja routaeristys. Tämän tyyppisissä kentissä vaihtelevat ilmasto-olosuhteet eivät haittaa lainkaan, koska jouston ominaisuudet nopeuttavat kentän käyttöönottoa. PROPLAY-kenttien kustannukset ja työmäärät ovat rakenteensa ansiosta pienemmät kuin tavallisten tekonurmikenttien. (Saletx Oy)

Yksi joustovaihtoehtoista on PAIKALLAAN VALETTAVA JOUSTO, jonka vahvuus on noin 20 mm. Tätä joustoa valmistetaan PU-sideaineesta ja SBR-kumista. Rakenteeltaan se on sellainen, että vesi ja lämpö pääsevät läpi, eli sillä on hyvät peliominaisuudet myös vesisateella. (Saletx Oy)

SALTEX PRF SOLUMUOVI on joustokerros, jonka vahvuudet ovat 10mm, 12mm, tai 15mm. Polyeteenistä tehty jousto sisältää suljettuja soluja, jonka ansiosta se ei ime vettä ja sillä on myös hyvät peliominaisuudet myös vesisateella. Tämä jousto ei jäädy, mikä taas pidentää pelikautta. (Saletx Oy)

PU-VAAHTOMUOVI on myös joustovaihtoehto, joka on vahvuudeltaan joko 12 mm tai 14 mm. Tällä joustolla on avoimet solut ja sen ansiosta se imee vettä. (Saletx Oy)

Näiden lisäksi on olemassa PROPLAY SPORT/H-jousto, joka on tarkoitettu vain lämmitettäville tekonurmikentille. Tämän tyyppisen kentän rakentaminen on kustannuksiltaan korkeampi kuin luonnonnurmikentän, mutta toisaalta kentän käyttöastetta voidaan nostaa, kun kenttä lämmitetään ja sitä käytetään ympäri vuoden. (Salletx Oy)



KUVA 10. Esimerkkejä joustokerrosmateriaaleista (Tekonurmiopas 2011)



KUVA 11. Joustokerros asennuksen aikana (Kiuruveden palloilijat Ry)

4 TEKONURMEN TERVEYSRISKIT

4.1. Kumirouheen aiheuttamat riskit

Kumirouheen aiheuttamista riskeistä on keskusteltu lähes aina. Varsinkin viime aikoina sitä on alettu tutkia tarkemmin ja laajemmin sekä Euroopassa että Yhdysvalloissa. Erilaisia sairastumistapauksia on havaittu, mutta vielä ei olla täysi varmoja siitä, että, ovatko tapaukset kumirouheen aiheuttamia, vai onko kumirouheella jonkinlainen vaikutus, vai onko aiheuttajana jokin muu. Sairastumistapausten jälkeen Yhdysvaltojen ympäristövirasto alkoi tosissaan tutkia sitä, aiheuttaako kumirouhe terveysriskejä tai lisääkö se syöpäriskiä.

Helsingin Sanomien mukaan Yhdysvaltojen naisten jalkapallojoukkueen entinen maalivahti **Amy Griff** kertoi Huffington Post-lehdelle, että ” *hän huolestui nurmikon vaikutuksista 2009, kun kaksi hänen ystäväänsä sairastui syöpään. Siitä lähtien hän on koonnut tietoa syöpään sairastuneista amerikkalaisista jalkapalloilijoista ja tähän mennessä hän on löytänyt 220 syöpään sairastunutta urheilijaa, joista 166 on jalkapalloilijoita. Heistä taas 102 on Griffinin tavoin maalivahteja ja maalivahdit taas viettävät muita pelaajia enemmän aikaa kentän pinnassa*”. (Yle, Uhka tekonurmen alla)

Myös Hollannissa on noussut kiivas keskustelu SBR-kumirouheen terveyshaitoista. Kumirouheen terveysriskeistä tehty dokumentti nosti esille epäilyt SBR-rouheen yhteydestä leukemiaan. Tämän kohun jälkeen Hollannin terveys- ja hyvinvointivirasto ja urheiluministeriö RIVM alkoivat tutkia asiaa tarkemmin ja selvittää tekonurmien terveysriskeistä. RIVM edustajan mukaan ”*on turvallista urheilla tekonurmella, jossa on täyttöaineena kumirouhetta. PAH-arvot olivat selkeästi tämänhetkisen rajan alla. Ei ole silti varmaa, että kumirouhe on jatkossakin turvallista, koska seoksille määritetty raja-arvo on niin korkea*”. Joidenkin tietojen mukaan kumirouheella on yhteyksiä syöpään erityisesti leukemiaan, mutta RIVM edustaja jatkoi ja sanoi haastattelussa, että ”*Ei ole riittävä näyttöä siitä, että kumirouhe aiheuttaisi leukemiaa. Myös viranomaiset valvovat kemikaaleja, joiden tiedetään aiheuttavan leukemiaa. Näitä kemikaaleja ei ollut testatussa kumirouheessa tai niitä ei vapautunut siinä määrin, että ne olisivat haitaksi*”. (Yle, Uhka tekonurmen alla)

Yleensä autorenkaissa löytyy PAH-yhdisteiden lisäksi myös erilaisia metalleja, kuten ftalaatteja, bisfenoli A:ta ja bentsotiatsolia. Jokaista autorengasta ei voi tutkia yksitellen ja siitä johtuen kumirouheessa myös löytyy vastaavia raskasmetalleja ja muita aineita. Tässä vaiheessa ei vielä tiedetä näiden metallien ja PAH-yhdisteiden yhteisvaikutusta, mutta on viitteitä siitä, että raskasmetallit ja PAH-yhdisteet voivat yhdessä vaikuttaa DNA:han, mikä voi aiheuttaa kasvaimien määrän lisääntymistä. Tällä hetkellä ei ole tarpeeksi tietoa näistä, mutta suositellaan lisää tutkimuksia näiden aineiden yhteisvaikutuksista. (Yle, Uhka tekonurmen alla)

Utrechтин yliopiston professori **Martin van deg Bergin** mukaan *”nykyiset teolliset standardiarvot eivät ota huomioon ihmisten terveyttä, joten raja-arvoja tulisi laskea mahdollisimman pian. PAH-yhdisteissä huolestuttaa vielä se, että ne muuttuvat maksan entsyymien kanssa syöpää aiheuttaviksi yhdisteiksi ja aiheuttavat kasvaimia”*.

Martin van deg Berg toteaa, että RIVM:n tutkimus on todella hyvin toteutettu, mutta pitää sen puutteena, että lasten herkkyyttä altistumiselle eikä ennalta ehkäisevä periaatetta ole noudatettu tuloksien analysoimisessa. Hänen mielestään lapset ovat alttiimpia syöville ja nykyiset PAH-yhdisteiden tasot ovat sellaisia, että niistä pitää luopua ja kentille tulisi valita haitattomampia materiaaleja. Hän sanoi puheessaan vielä sen, että *”ei ole hyväksyttävää, että lapset leikkivät ja pelaavat päivittäin noilla kentillä”*. (Yle, Uhka tekonurmen alla)

Ftalaatteja käytetään yleensä muovin pehmentämiseen ja sitä on löydetty myös tekonurmien kumirouheista. Tanskassa oleva kumirouheyriityksen valmistaja *”Genan”* väitti, että he eivät käytä ollenkaan kemikaaleja kumirouheen valmistuksessa ja kumirouheessa esiintynyt ftalaatti voi olla peräisin ympäristöstä, kun kentällä olevan kumirouheen ja tehtaassa olevan kumirouheen arvot ovat erilaiset. Professori Van deg Berg taas arvelee, että ftalaatit voivat tulla kumirouheeseen tekonurmikenttien muovinurmesta. Se sisältää ftalaatteja ja ne voivat siirtyä muovinurmen seassa olevaan kumirouheeseen. Van deg Berg jatkoi puheissaan ja sanoi, että *”teollisuuden mukaan kumirouhe voi absorboida ftalaatteja. Ftalaatit ovat vesiliukoisia ja sateella niitä voi vapautua muovista ja siirtyä kumirouheeseen”*. (Yle, Uhka tekonurmen alla)

Toinen kysymys on se, että miten lämmin ilma vaikuttaa tekonurmeen ja kumi-rouheeseen. Auringon paisteessa SBR-kumirouhekenttä voi nousta jopa 60 asteeseen. Joidenkin tietojen mukaan yhdisteitä pääse ilmaan, kun tekonurmi lämpenee. Näitä yhdisteitä ovat VOC-yhdisteet, jotka ovat haihtuvia orgaanisia kaasuja. Nämä voivat ärsyttää silmiä ja hengitysteitä. RIVM:n edustajan mukaan joitain aineita vapautuu tekonurmen lämmitessä, mutta vain rajallisia määriä eikä siihen liity riskiä. (Yle, Uhka tekonurmen alla)

Vuonna 2012 – 2014 tehdyn tutkimuksen mukaan, johon osallistui Suomen terveyden ja hyvinvoinnin laitos TAH ja Työterveyslaitos, SBR-kumirouhe aiheutti PAH-yhdisteiden päästöä. Tutkimuksen mukaan tutkituissa jalkapallohalleissa PAH-päästöjä oli 38 – 81 mg/kg. Yli 200 mg/kg sisältävät PAH-yhdisteet määritetään ongelmajätteeksi. (Tekonurmikenttiin liittyvät sisäilmaongelmat jalkapallohalleissa, 2015)

Suomen terveyden ja hyvinvoinnin laitos TAH ja Työterveyslaitos tekivät myös kyselyn kesäkuussa 2015, johon osallistui 90 juniori-ikäisiä jalkapalloilijoita viidessä eri jalkapallohallissa. Yli puolet pelaajista kertoi kärsineensä erilaisista vaivoista esimerkiksi ihon ja silmien oireista ja hengitysoireista sekä harjoitusten aikana, että niiden jälkeen. Tämä kysely osoitti sen, että kumirouhemateriaalista vapautuu orgaanisia ja haisevia hiilivetykaasuja, mikä voi juuri vaikuttaa kyselyyn vastanneiden oireisiin.

Tutkimuksessa tutkittiin myös sisäilmaongelmia jalkapallohalleissa. Tutkimuksessa selvitettiin, miten hallin tyyppi ja ilmanvaihdon tehokkuus vaikuttavat sisäilman laatuun. Tutkimuksen näytteet otettiin kuudessa eri jalkapallohalleissa, joista neljä oli kiinteärakenteiset ja kaksi ylipainehallia. Jokaisesta jalkapallohallista kerättiin noin 3 kg kumirouhenäytettä, josta selvitettiin niiden PAH-pitoisuudet ja VOC-pitoisuudet. Raportin mukaan *”PAH-pitoisuudet määritettiin rakennemateriaalien tutkimukseen käytetyllä menetelmällä ja rouheen VOC-emissio tutkittiin laboratoriossa mikrokammiolaitteella. VOC-näytteistä määritettiin haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuudet (TVOC)”*. (Tekonurmikenttiin liittyvät sisäilmaongelmat jalkapallohalleissa, 2015)

Tulosten mukaan tekonurmet, joissa on käytetty täytemateriaalina SBR-kumi-rouhetta, sisälsivät selvästi enemmän PAH-yhdisteitä (noin 38 – 81 mg/kg) kuin muut analysoidut rouhemateriaalit. (TPO 0,1 mg/kg, EPDM 1,5 mg/kg, Taulukosta 1, joka on peräisin tutkimuksen raportista, näkyvät eri hallien PAH-pitoisuudet.) (Tekonurmikenttiin liittyvät sisäilmaongelmat jalkapallohalleissa, 2015)

TAULUKKO 1. Kenttärouheen PAH-pitoisuudet (mg/kg) (Lähde: Tekonurmikenttiin liittyvät sisäilmaongelmat jalkapallohalleissa 2015, thl.fi)

	Halli 1	Halli 2	Halli 3	Halli 4	Halli 5	Halli 6
	TPO	SBR	SBR	EPDM	SBR	SBR
Naftaleeni	< 0,03	0,43	0,10	< 0,05	0,24	0,35
Asenaftyleeni	< 0,05	1,10	0,10	< 0,03	0,95	0,64
Asenafteeni	< 0,15	0,26	0,07	< 0,05	0,14	0,62
Fluoreeni	0,12	0,64	0,21	0,04	0,45	0,87
Fenantreeni	< 0,13	5,07	6,11	0,31	4,35	8,60
Antraseeni	< 0,05	< 0,40	0,99	0,44	0,52	0,85
Fluoranteeni	< 0,08	7,41	11,24	0,14	6,87	14,00
Pyreeni	< 0,08	20,69	22,22	0,52	23,55	37,00
Bentso(a)antraseeni	< 0,08	0,28	1,88	< 0,08	< 1,41	2,20
Kryseeni	< 0,08	0,82	5,46	< 0,20	4,80	6,80
Bentso(b)fluoranteeni	< 0,08	0,16	1,90	< 0,08	1,53	1,70
Bentso(k)fluoreeni	< 0,08	< 0,16	0,74	< 0,08	< 0,49	< 0,79
Bentso(a)pyreeni	< 0,08	< 0,94	2,38	< 0,23	< 2,13	1,70
Indeno(123cd)pyreeni	< 0,08	< 0,40	2,75	< 0,08	1,30	< 0,74
Dibentso(ah)antraseeni	< 0,08	< 0,08	< 0,58	< 0,08	< 0,21	< 0,48
Bentso(ghi)peryleeni	< 0,08	1,26	8,55	< 0,08	4,92	5,30
Yhdisteiden summa	0,12	38,12	64,70	1,45	49,61	80,60

Tulosten mukaan VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuudet (TVOC) luokiteltiin vähäpäästöisiksi. Ylipainehalleissa, jotka puretaan kesän ajaksi, TVOC-päästöt ovat selvästi pienempiä kuin muissa kiinteärakenteisissa halleissa. Taulukossa 2, joka on peräisin tutkimuksen raportista, näkyvät eri hallien TVOC-päästöt. (Tekonurmikenttiin liittyvät sisäilmaongelmat jalkapallohalleissa, 2015)

TAULUKKO 2. Kenttärouheiden yhdisteryhmäkohtaiset VOC-päästöt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vuosina 2012 ja 2013 (Lähde: Tekonurmikenttiin liittyvät sisäilmaongelmat jalkapallohalleissa 2015, thl.fi)

	Halli 1 2012	Halli 1 2013	Halli 2 2012	Halli 2 2013	Halli 3 2012	Halli 4 2012	Halli 5 2012	Halli 5 2013	Halli 6 2013
Alifaattiset hiilivedyt	61,0				2,0	0,2	1,0		
Aromaattiset hiilivedyt					1,6	0,8	6,4		4,0
Alkoholit									1,0
Aldehydit ja ketonit	0,8		111,0	85,9	5,2	5,2	20,6	33,0	29,0
Bentsotiatoli			13,0	1,0		2,0	7,0	3,0	9,0
Muut	13,0	110,0		4,0		0,1			6,0
TVOC	76,0	80,0	117,0	60,0	10,0	11,0	50,0	40,0	70,0
Yhdisteiden summa	74,8	110,0	124,0	90,9	8,8	8,3	35,0	36,0	49,0

Hallilla 2 vuonna 2012 on selvästi korkeampi TVOC-päästö kuin muilla ja se johtuu siitä, että kyseisellä hallilla oli uusi SBR-rouhe (noin 3 kuukautta käytössä ollut rouhe). Halleissa 3 ja 4 ovat TVOC-päästöt, 10 – 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, aika pienet muihin verrattuna. Näissä halleissa olivat taas vanhimmat rouheet. (Tekonurmikenttiin liittyvät sisäilmaongelmat jalkapallohalleissa, 2015)

4.1.1 PAH-yhdisteet

PAH-yhdisteet, eli polysykliset aromaattiset hiilivedyt, ovat tasomaisia hiilivety-yhdisteitä, jotka koostuvat kahdesta tai useammasta aromaattisesta renkaasta ja syntyvät epätäydellisessä palaamisessa. Yhdisteet ovat olomuodoltaan kiinteitä. Niiden sulamispiste on noin 80-440 °C ja kiehumispiste on noin 200-600 °C. Yhdisteet ovat heikosti haihtuvia ja veteen liukenemattomia. (Sisäilmayhdistys ry)

PAH-yhdisteet ovat syöpävaarallisia aineita ja aiheuttavat myös mutaatiota elimistössä. PAH-yhdisteet aiheuttavat yleensä syöpää aineenvaihduntatuotteiden kanssa. Kun niitä menee elimistöön, elimistö pyrkii muuttamaan niitä vesiliukoisemmiksi poistumisen helpottamiseksi. Hapettumisreaktioissa syntyvät tuotteet reagoivat esimerkiksi DNA:n kanssa, jonka mutaation seurauksena solun toimintaa muuttuu. (PAH-yhdisteiden tavoitetasoperustelumistio, 2016)

Muutama esimerkki PAH-yhdisteistä ovat naftaleeni, asenafyleeni, asenafteeni, fluoreeni, pyreeni ja monta muuta. (PAH-yhdisteiden tavoitetasoperustelumistio, 2016)

4.1.2 VOC-yhdisteet

VOC-yhdisteet ovat haituvia orgaanisia kaasuja, jotka liukenevat veteen helposti ja tästä johtuen sitä voi esiintyä ilman lisäksi myös vesistöissä. VOC-yhdisteitä ovat esimerkiksi aromaattiset hiilivedyt, esterit, jotkut alkoholit, aldehydit ym. Joidenkin lähteiden mukaan niitä on jopa satoja. VOC-yhdisteiden lähteitä ovat sekä luonnolliset lähteet että erilaiset ihmisten tekemät aineet. Rakennusmateriaalit, maalit, pesuaineet, polttoaineet ja sisustusmateriaalit ovat esimerkkejä VOC-yhdisteiden lähteistä. (Sisäilmayhdistys ry)

VOC-yhdisteet ovat haitallisia terveydelle. Yksittäinen yhdiste on haitallinen, mutta yleensä niiden yhteisvaikutukset ovat vielä haitallisempia terveydelle. Ne aiheuttavat yleensä silmien ja limakalvojen ärsytystä, päänsärkyä ja niiden hajut ovat epämiellyttäviä. (Hengityслиitto)

Tekonurmikentillä esiintyy myös jonkin verran VOC-yhdisteitä, jotka ovat SBR-kumirouheen aiheuttamia erityisesti lämpötilan noustessa. VOC-yhdisteitä esiintyy myös sisähalleissa, joissa on huono ilmanvaihto.

On myös olemassa VVOC-yhdisteitä, eli erittäin haihtuvia orgaanisia yhdisteitä ja SVOC-yhdisteitä, eli puolihaihtuvia orgaanisia yhdisteitä. (Sisäilmatutkimukset ja ratkaisut)

4.1.3 Ilmanlaatu sisätiloissa

Ilmanlaatu sisähalleissa on asia, mikä tutkijoita myös kiinnostaa ja sitä tutkitaan koko ajan. Kumirouheen aiheuttamat päästöt, erityisesti VOC-päästöt ovat aiheuttaneet ilmanlaadun huononemisen ja aiheuttaneet myös erilaisia oireita pelaajille.

Terveyden ja hyvinvoinninlaitoksen (THL) ja työterveyslaitoksen (TTL) laajassa tutkimuksessa havaittiin, että SBR-kumirouhe päästää enemmän TVOC-yhdisteitä kuin muut käytetyt kumirouhemateriaalit. Myös lähes kaikissa tutkittujen hallien sisäilmassa oli aldehydi-yhdisteitä, ketoni-yhdisteitä ja bensotiatsolia. Sisäilmasta löytyi

myös jonkin verran pölyä, joka tulee yleensä kenkien ja huoltokoneiden mukana kulkeutuneesta maa-aineksesta. Pölyn määrää taas riippuu pelaajien määrästä. (Tekonurmikenttiin liittyvät sisäilmaongelmat jalkapallohalleissa, 2015)

Tutkimusten mukaan, vaikka huolestumista on paljon ja terveysriskeistä keskustellaan, silti TVOC-pitoisuudet olivat hyvän sisäilman tasolla, eli ne olivat alle $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Hallien ilmanvaihdot vaikuttavat epäpuhtauksien suuruusluokkaan sisätiloissa. Huonot ilmavaihdot vaikuttavat kaasumaisten epäpuhtauksien pitoisuuden lisääntymiseen sisäilmassa. Yleensä kiinteärakenteisten hallien sisäilmat ovat epäpuhtaampia kuin kuplahallien. Syynä siihen on se, että kuplahallien ilmanvaihdot ovat paremmat ja kesällä niitä puretaan. THL:n ja TTL:n tehdyn tutkimuksen mukaan *”jalkapallohalleissa mitatut ulkoilmavirrat lattiapinta-alaa kohti olivat etenkin kiinteärakenteisissa halleissa selvästi pienempiä kuin Suomen rakennusmääräyskokoelman osassa annettu ohjearvo ($2 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$) liikuntahalleille. Ylipainehallien rakenteen vuoksi niissä käytettiin selvästi suurempia ulkoilmavirtoja kuin kiinteärakenteisissa halleissa. Ylipainehallien ulkoilmavirrat vaihtelivat välillä $1,3\text{--}1,6 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$, kun taas kiinteärakenteisissa halleissa ilman virtaus oli alle $0,4 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ ”*.

Alla oleva taulukko on kyseisen tutkimuksen tulos hallien tuloilmavirroista ja ulkoilmavirroista lattiapinta-alaa kohti laskettuna. (Tekonurmikenttiin liittyvät sisäilmaongelmat jalkapallohalleissa, 2015)

TAULUKKO 3. Hallien tuloilmavirrat ja ulkoilmavirrat lattiapinta-alaa kohti laskettuna. Hallissa 1 mittaukset tehtiin normaalitilanteessa (A) ja tehostetun ilmanvaihdon aikana (B). Hallissa 5 ei ollut koneellista ilmanvaihtoa. Hallissa 6 ei pystytty ilmapirtoja mittaamaan puutteellisen ilmanvaihdon aikana. (Tekonurmikenttiin liittyvät sisäilmaongelmat jalkapallohalleissa 2015, thl.fi)

Halli	Tuloilmavirta (m^3/h)	Ulkoilmavirta (m^3/h)	Ulkoilmavirta ($\text{dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$)	Ulkoilmavirran osuus ohjearvosta
1-A	9 000	2 700	0,1	5 %
1-B	19 800	7 900	0,3	15 %
2	19 800	15 100	1,3	65 %
3	32 400	28 800	1,6	80 %
4	18 000	9 000	0,4	20 %
5	-	-	-	-
6	5 000	4 300	0,3	15 %

4.1.4 Oma tutkimuskysely

Tässä työssä tein myös oman tutkimuskyselyn. Kyselyyn osallistui 100 jalkapallon pelaajaa neljästä eri jalkapallohallista kahdessa eri maassa. Kysely suoritettiin valmiille kysymyspohjalle (Liite 1.), jonka avulla haastateltiin jokaista pelaajaa erikseen. Kyselyt tehtiin Suomessa ja Norjassa. Suomessa halleiksi valittiin Tampereen kaupungin Pirkkahalli ja Turun kaupungin Impivaaran jalkapallohalli. Norjasta taas valittiin kaksi kenttää Stavangerin kaupungista. Kaikki hallit olivat kiinteärakenteisia sisähalleja. Jokaista hallia kohden valittiin 25 pelaaja ja yhteensä vastanneita oli 100 pelaajaa. Jokainen pelaaja oli harrastanut vähintään puoli vuotta jalkapalloa tekonurmella.

Pelaajilta kysyttiin kuinka kauan he ovat pelanneet tekonurmilla ja VOC-päästöjen oireista. Lisäksi kysyttiin, suosittelevatko he pelaamista tekonurmella vai luonnonnurmikolla.

Kyselyn tulokset (Liite 2.) olivat odotuksen mukaisia. Alle puolella pelaajasta oli jonkinlaisia oireita. Ihon ärsytysoireet olivat aika yleisiä ja siitä kärsineitä pelaajia oli huomattavasti enemmän kuin muista oireista kärsiviä. Suomessa ihon ärsytysoireista kärsiviä oli 12 pelaajaa 50:sta. Norjassa heitä oli vähemmän, eli vain 8 pelaajaa 50:sta.

Norjassa päänsärkyä kärsineitä oli enemmän kuin Suomessa. Norjassa heitä oli viisi pelaaja, kun taas Suomessa oli vain yksi pelaaja. Silmien- ja hengitysteiden ärsytysoireista kärsiviä pelaajia oli suurin piirtein sama määrä sekä Suomessa että Norjassa. Silmien ärsytysoireista kärsiviä oli Suomessa viisi pelaajia ja Norjassa taas neljä. Hengitysteiden ärsytysoireista kärsiviä pelaajia oli huomattavasti vähemmän kuin muita oireita kokevia. Suomessa ja Norjassa heitä oli sama määrä, eli vain yksi pelaaja.

Yli puolella kyselyyn vastanneista ei ollut vastaavia oireita, tai heidän mukaansa ei ainakaan vielä ollut mitään huomattu. Toisaalta noin 60 % haastatteluun osallistuneista oli joskus kokenut epämiellyttävää hajua, joka voi syntyä juuri näistä VOC-päästöistä.

Lopuksi kysyttiin vielä, suosittelivatko pelaajat pelaamista tekonurmella vai luonnonnurmella. Yli 90 prosenttia suositteli luonnonnurmea. Palovammat ja oireet olivat heidän mukaan tekonurmien negatiivinen puoli. Pelaajat olivat myös sitä mieltä, että ulkona luonnonnurmella hengittäminen on paljon terveellisempää ja mukavampaa kuin sisällä tekonurmilla. *”Tietysti suosittelen luonnonnurmea ja pelaan mieluummin luonnonnurmella, kun hengittäminenkin on paljon mukavampaa ja se vaikuttaa myös kuntoon ja jaksamisen pelin aikana”* yksi pelaajista kertoi.

5 POHDINTA

SBR-kumirouheen terveysriskeistä on keskusteltu aika paljon ympäri maailmaa ja on myös tutkittu ja tutkitaan koko ajan sen terveyshaittoja ja käyttöriskejä. Tutkimuksissa on todettu, että kaikki kumirouhemateriaalit, erityisesti SBR-kumirouhe, joka on edullisin muihin verrattuna, päästävät PAH-yhdisteitä eli polysyklisiä aro-maattisia hiilivety-yhdisteitä ja VOC-yhdisteitä, eli haihtuvia orgaanisia kaasuja, jotka ovat terveyden kannalta haitallisia ja vaarallisia. Nämä VOC-yhdisteet vaikuttavat myös sisähalleissa ilmanlaatuun ja aiheuttavat myös erilaisia oireita pelaajille, kuten päänsärkyä sekä hengitysteiden, ihon ja silmien ärsytysoireita.

Suomen terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen ja Työterveyslaitoksen vuonna 2015 tehdyn laajan tutkimuksen mukaan tutkituissa sisähalleissa oli mitattu 38 – 81 mg/kg PAH-yhdisteitä. Tutkijoiden mukaan yli 200 mg/kg PAH-yhdisteitä sisältävä määritetään ongelmajätteeksi. VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuudet (TVOC) luokiteltiin taas vähäpäästöiseksi (alle 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ja todettiin, että ylipainehalleilla, jotka puretaan kesän ajaksi, TVOC-päästöt ovat selvästi pienemmät kuin kiinteärakenteisilla halleilla. Ilmanvaihdot vaikuttavat myös TVOC-päästöjen suuruusluokkaan ja ilmanlaatuun. Halleissa, joissa oli toimiva ja hyvä ilmanvaihtojärjestelmä, oli mitattu pienemmät TVOC-päästöt. (Tekonurmikenttiin liittyvät sisäilmaongelmat jalkapallohalleissa, 2015)

Kaikissa tutkimuksissa todettiin, että SBR-kumirouheen PAH-päästöt ja VOC-päästöt ovat sen verran matalia, että on turvallista urheilla tekonurmilla, mutta silti tutkijat suosittelevat, että erityisesti lasten urheilupaikoilla SBR-kumirouheen tilalle käytettäisiin jotain toista täyttömateriaalia.

5.1. Suositukset

SBR-kumirouheen vaihtaminen toiseen materiaaliin on suositeltavaa. SBR-kumirouhetta, joka on Suomen yleisin kumirouhemateriaali tekonurmikentillä, ei suositella PAH-päästöjen ja TVOC-päästöjen vuoksi. Vaikka SBR-kumirouheen päästöt ovat standardin mukaisia, niin verrattuna esimerkiksi EPDM- tai TPE-O-rouheeseen, se päästää huomattavasti suurempia määriä näitä terveyden kannalta haittavia kaasuja.

Hyvät ja tehokkaat ilmanvaihtojärjestelmät ja ylipainehallit ovat myös suositeltavia. Ylipainehallit olivat tutkimuksissa ilmanlaadultaan parempia vaihtoehtoja kuin kiinteärakenteiset hallit. Uusien kenttien rakentamisessa suositellaan ylipainehalleja. Hyvät ja tehokkaat ilmanvaihtojärjestelmät tarvitaan kaikille halleille, erityisesti kiinteärakenteisille. Hyvät ilmanvaihtojärjestelmät vaikuttavat päästöjen vähentämiseen, mikä taas laskee oireista kärsivien pelaajien määrää.

LÄHTEET

Saltex Oy. Tekonurmen rakenne, täyttöaineet. Luettu 10.12.2016. <http://www.saltex.fi/index.php?side=2&p=10>

Saltex Oy. Tekonurmi. Luettu 10.12.2016. <http://www.saltex.fi/index.php?side=2&p=2>

Saltex Oy. Yritys. Luettu 9.1.2017. http://www.saltex.fi/index.php?side=1&language_id=0

Helsingin Sanomat. Tekonurmen syöpäriski tutkitaan perin pohjin Yhdysvalloissa. 2016. Luettu 20.1.2017. <http://www.hs.fi/urheilu/art-2000002896954.html>

Terveystieteiden tutkimuskeskus. Tekonurmikenttiin liittyvät sisäilmaongelmat jalkapallohallissa. 2015. Luettu 8. – 15.2.2017. https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/126355/URN_ISBN_978-952-302-425-0.pdf?sequence=1

Ravelast polymers. Kumi-elastomeerit. SBR – styreenibutadienikumi. Luettu 5.1.2017. <http://www.ravelast.com/tutkimus-ja-kehitys/kumi-elastomeerit/sbr.html>

FinnProfiles. Kumiprofiilit. Luettu 5.1.2017. <http://www.finnprofiles.com/materiaalit/kumiprofiilit.html>

Resinex. Polymeerilaatuja. Natural Rubber. Luettu 5.1.2017. <http://www.resinex.fi/polymeerilaatuja/natural-rubber.html>

Ravelast polymers. Kumi-elastomeerit. EPDM – eteeni-propeenikumi. Luettu 5.1.2017. <http://www.ravelast.com/tutkimus-ja-kehitys/kumi-elastomeerit/epdm.html>

Polymerik Oy. Termoplastiset elastomeerit. Luettu 7.1.2017. <http://polymerik.pp.fi/pdf/Osa11-Termoplastiset-elastomeerit.pdf>

FinnProfiles. TPE – Termoplastinen elastomeeri. Luettu 7.1.2017. http://www.finnprofiles.com/materiaalit/termoplastinen_elastomeeri.html

OT-Kumi Oy. Materiaalit. TPE. Luettu 7.1.2017. <http://www.ot-kumi.com/fi/materiaalit.html>

Dokumentti. Uhka tekonurmen alla. Yle TV1. 2017. Katsottu 3.2.2017. <http://areena.yle.fi/1-3849187?autoplay=true>

Saltex Oy. Tekonurmen rakenne. Luettu 22.12.2016. <http://www.saltex.fi/index.php?side=2&p=9>

Seuraohjelma. Opetus- ja kulttuuriministeriö – Suomen palloliitto RY. Tekonurmiopas 2011. Luettu 20.- 25.12.2016. <http://seuraohjelma.fi/seuranhallinto/olosuhteidenkehittaminen/getfile.php?file=132>

Baumedi. Sisäilmatutkimukset ja ratkaisut. Sisäilmaongelman aiheuttajat. VVOC- ja VOC-yhdisteet. Luettu 9.2.2017. <https://www.baumedi.fi/sisailmaongelman-aiheuttajat/vvoc-ja-voc-yhdisteet>

Hengitysliitto. Sisäilma. Hiukkasmaiset ja kaasumaiset epäpuhtaudet. VOC-päästöt. Luettu 9.2.2017. <http://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/hiukkasmaiset-ja-kaasumaiset-epapuhtaudet/voc-paastot>

Työterveyslaitos. PAH-yhdisteiden tavoitetasoperustelumuistio. 2010. Luettu 10.2.2017. <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/12/pah-yhdisteet-tavoitetaso.pdf>

Sisäilmayhdistys ry. Kemialliset epäpuhtaudet. 2008. Luettu 10.2.2017. <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Kemialliset-epapuhtaudet>

Yle. Palloliitto hallien sisäilmasta: Tiedossa ei ole minkäänlaisia kriisikohteita. 2016. Luettu 15.2.2017. <http://yle.fi/urheilu/3-8721895>

Terveiden ja hyvinvoinnin laitos. Jalkapallohallien ilmanlaatuongelmat ovat lieviä ja helposti ratkaistavissa. 2015. Luettu 15.2.2017. <https://www.thl.fi/fi/-/jalkapallohallien-ilmanlaatuongelmat-ovat-lievia-ja-helposti-ratkaistavissa>

LIITTEET

Liite 1. Kysymyspohja.

Kysymykset, jotka kysyttiin Suomessa (Tampereella ja Turussa) ja Norjan Stavangerilla pelaajilta. Kyselyyn osallistui 100 jalkapallopelaaja neljästä eri jalkapallohal-
lista.

Oman tutkimuksen kysymyspohja

1. Kuinka kauan olet harrastanut jalkapalloa?
2. Kuinka kauan olet pelannut tekonurmella?
3. Oletko kärsinyt joistakin näistä oireista?
 - a) Ihon ärsytysoireet
 - b) Silmien ärsytysoireet
 - c) Hengitysteiden ärsytysoireet
 - d) Päänsärky
 - e) Muuta? Mitä?
4. Suositteletko tekonurmea vai luonnonnurmea?

Liite 2. Kyselyn tulokset.

Kyselyn tulokset taulukoituna. Taulukossa on pelaajien määrä, joilla on tiettyjä oireita tai ei mitään oireita.

	Suomi		Norja	
	Halli 1	Halli 2	Halli 3	Halli 4
Ihon ärsytysoireet	7	5	3	5
Silmien ärsytysoireet	2	3	1	3
Hengitysteiden ärsytysoireet	1	0	1	0
Päänsärky	0	1	2	3
Ei mitään	15	16	18	14

